

ESTUDIOS 1 TERRITORIALES



CONTRIBUCION DEL ESTUDIO DE ROCAS Y MATERIALES SEDIMENTARIOS A LA ORDENACION DEL TERRITORIO

RESUMEN

La importancia que la base petrográfica puede tener como condicionante de la ordenación del territorio se ilustra específicamente con la consideración de la problemática que introducen los factores sedimentarios, en especial con relación a su aprovechamiento económico. Un modelo de aplicación de la geología a la ordenación del territorio, como el que se propone, introduce no sólo el conocimiento de la caracterización geomecánica de los suelos, sino también otros aspectos como el de los procesos modificativos de los mismos, y los condicionantes de aprovechamiento de los recursos minerales, junto a la incidencia de los residuos de todo tipo, como documentación a considerar dentro de la información sobre ordenación territorial.

Estudios Territoriales, 1: 91-99, 1981.

Contribución del estudio de rocas y materiales sedimentarios a la ordenación del territorio.

S. Ordóñez y J. P. Calvo.

Ponencia presentada al XXXIII Congreso Luso-Español para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Badajoz, Dic. 1979.

I. Introducción

La ordenación del territorio se puede definir como la programación y planificación de los recursos naturales, de interés económico o no, y los recursos humanos, en un espacio geográfico, al objeto de una eficaz utilización de los mismos. En este trabajo se aborda el tema de los recursos geológicos, y dentro de ellos aquellos que se ubican en las interfaces litosfera - atmósfera y litosfera - hidrosfera (fig. 1). Los procesos que se ubican en estas interfaces se denominan **exógenos**, como concepto opuesto al de procesos endógenos, que son aquellos que tienen lugar dentro de la litosfera. La actuación de los procesos exógenos obedece fundamentalmente a gradientes topográficos, o sea, al relieve, el cual es una consecuencia de la actuación de los procesos endógenos en su mayor parte. Todo gradiente genera un flujo, en este caso de materiales, en el sentido de restablecer el equilibrio. Gradiente y flujo están relacionados por una constante de difusión, que en nuestro caso vendría influenciada por la climatología, cobertura vegetal y naturaleza biológica, y estructura y textura de los materiales sometidos a los procesos exógenos. La actuación de los procesos exógenos genera un flujo de materiales (materiales exógenos) que al moverse dentro del campo gravitatorio terrestre acaban adoptando, a medida que se debilita el campo de gradientes topográficos, una posición horizontal denominada planos de sedimentación. Dado que el mecanismo básico del proceso es la sedimentación, hablaremos de procesos y materiales sedimentarios.

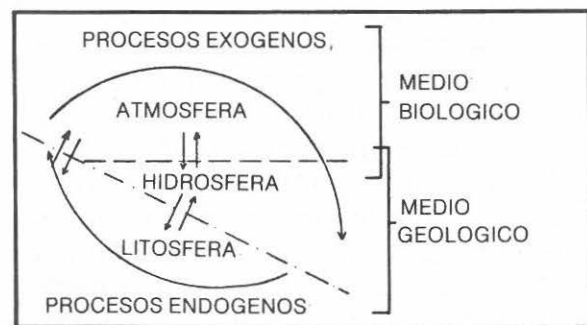


Figura 1.

El estudio de los materiales y procesos exógenos, en cuanto a la planificación del territorio, influye en dos aspectos. Uno puramente positivo de prospección de materiales y procesos naturales que puedan convertirse en un recurso potencial. Por otra parte, como la utilización de recursos engendra un riesgo (impacto ambiental), debe intentarse minimizar la relación riesgo/recurso, a base de aplicar correctores que impidan un grave desequilibrio de los sistemas naturales.

II. Los materiales exógenos en la ordenación del territorio

Existe una serie de materiales sedimentarios, cuya clasificación (cuadro I) se puede basar en su composición y posible utilización. Estos materiales, en general, alcanzan valores unitarios bajos. Sin embargo, dado el volumen de utilización que presentan, pueden llegar a representar cifras del orden de 1/3 del valor vendible de la industria extractiva de minerales y rocas en cualquier país desarrollado (cuadro II). Precisamente la extracción de volúmenes tan elevados, genera una serie de problemas importantes: alteración del paisaje, destrucción del suelo vegetal, contaminación de acuíferos, emisión de ruidos y polvo, depósitos de estériles... El bajo coste unitario hace difícil que las explotaciones puedan diseñarse en base a una restauración de las mismas que atenúe los efectos de la extracción.

El tratamiento industrial que tiene que sufrir estos materiales es muy variado, pudiendo distinguirse:

- a) Aprovechamiento sin transformación.
- b) Aprovechamiento con transformación por procesos físicos sencillos y baratos, lavado y tamizado.
- c) Aprovechamiento con transformación por procesos físicos complicados, sin cambios químicos: trituración, molienda y corte con herramientas especiales para la obtención de bloques, sillares, bordillos, adoquines, placas, recubrimientos,...
- c) Aprovechamiento por procesos que impliquen cambios químicos. Deshidratación: pérdida de agua composicional.



Sintetización: descomposición del material original para dar unas nuevas fases minerales (cales, cementos, vidrios). Solución y reprecipitación: sales sódicas. Descomposición electroquímica y ataque ácido: p. e. superfosfatos.

- A. ROCAS DETRITICAS NO ARCILLOSAS
 - A.1. Rocas detríticas no arcillosas sueltas
 - A.2. Rocas detríticas no arcillosas consolidadas.
- B. ROCAS ARCILLOSAS
 - B.1. Con minerales de arcilla
 - B.2. Formadas por óxidos e hidróxidos (bauxitas y lateritas)
 - B.3. Con composición química análoga a las arcillas (puzzolana, rocas vulcanoclásticas)
- C. ROCAS CARBONATADAS
 - C.1. Calizas de bajo contenido en Mg.
 - C.2. Calizas y dolomías.
 - C.3. Magnesita.
- D. ROCAS YESIFERAS
- E. ROCAS SALINAS
 - E.1. Sales sódicas
 - E.2. Sales potásicas
- F. ROCAS SILICEAS
- G. ROCAS FOSFATICAS
- H. ROCAS BITUMINOSAS

Cuadro I.

Clasificación de materiales sedimentarios de aprovechamiento industrial.

Estos tratamientos industriales ejercen un impacto ambiental muy elevado, tanto mayor cuanto más complejos son. Así, los tratamientos del tipo a) y b) tienen una reducida influencia ambiental. Sin embargo, los tratamientos de tipo d) ejercen una incidencia ambiental muy compleja y variable, con la producción de gran cantidad de residuos sólidos, consu-

mo y contaminación de cantidades elevadas de agua, producción de cantidades enormes de polvo.

La utilización de estos materiales (cuadro III) es muy variada, extendiéndose desde la industria de la construcción, donde la producción de cemento a nivel mundial llegará en 1980 a 1.000 millones de Tm. España produjo en 1970 una cifra próxima a 20 millones de Tm. En cuanto a áridos, USA en el año 1973 consumió una cifra próxima a 1.000 millones de Tm. de arenas y gravas, siendo en España en 1976, el consumo de gravas y arenas naturales de 27 millones de Tm.

El volumen tan elevado de su consumo hace que puedan competir con la erosión natural, de tal manera, que definida una velocidad de erosión (v_e) (espesor en mm. denudados por unidad de superficie, por unidad de tiempo), pueda establecerse una relación entre la v_e natural y la v_e artificial. En países desarrollados industrialmente la erosión natural es inferior a la erosión artificial. Así en España, considerando un consumo anual de rocas industriales de 74 millones de m^3 , dato extraordinariamente conservador (Cuadro IV), de una v_e artificial media de 0,14 mm/año. Para climas semejantes a España KUKAL (1971) da unos valores de la v_e natural entre 0,027 mm/año y 0,217 mm/año. Las cifras son lo suficientemente elocuentes y hablan por sí solas.

Los fertilizantes y fundamentalmente los fosfatos provocan como consecuencia de su consumo una serie de procesos que llevan fatalmente a la eutrofización de las aguas naturales, ya sea directamente, ya sea través del consumo puntual de cantidades elevadas de productos alimenticios.

III. Los procesos exógenos

Están ligados a la actuación de los procesos endógenos, diferenciándose de aquéllos en que, en general, los procesos exógenos son más continuos en el tiempo, mientras que los endógenos son discontinuos. Los procesos exógenos pueden clasificarse en **funcionales y antiguos**. Los funcionales pueden aprovecharse y constituyen recursos o riesgos de aplicación directa a la planificación del territorio. La acción de los procesos antiguos

[illegible]

Cuadro II

Producción vendible de utilización de los diversos materiales sedimentarios extraídos en España. Año 1976.

queda testimoniada por los materiales exógenos acumulados a lo largo de los tiempos geológicos, en los diferentes medios de sedimentación. Aunque actualmente los procesos antiguos no actúan, especialmente los muy próximos a nosotros son los responsables de la paleomorfología del terreno. Las antiguas superficies estables pueden quedar en situación metaestable, con respecto a los procesos actuales, pero pueden constituir la base de asentamientos humanos o de vías de comunicación con una incidencia mínima sobre los procesos exógenos actuales.

Según el factor que desencadena los procesos exógenos se pueden clasificar éstos en **naturales y respuesta**. Los de respuesta corresponden a perturbaciones del proceso por la actividad humana. Por la manera como se distribuyen los procesos exógenos en el tiempo, se distinguen los **episódicos** y los **continuos**. Las propiedades mecánicas, consecuencia de la naturaleza litológica, textura y estructura de los materiales, pueden condicionar la evolución de los procesos naturales, y

son básicas a la hora de prever la importancia y alcance de los procesos respuesta.

Junto con las propiedades mecánicas, la acción biológica resultante de la interacción clima-material geológico-relieve, contribuye y es decisiva para los propósitos de prevención de la evolución de los procesos exógenos. Cualquier perturbación, tanto sobre el clima como sobre el medio biológico, se traduce en una respuesta de los procesos exógenos.

Varios tipos de procesos focalizan principalmente la atención y el interés en los problemas de ordenación del territorio: los movimientos de tierra, los procesos fluviales y marinos costeros, así como los fenómenos de subsidencia.

Los movimientos de tierra pueden ser inducidos por la acción de agentes endógenos (terremotos), o bien pueden ser el resultado de perturbaciones climáticas o biológicas naturales o artificiales, sin olvidar la incidencia de las grandes obras (túneles, canales, autopistas...)

Los procesos fluviales presentan a veces

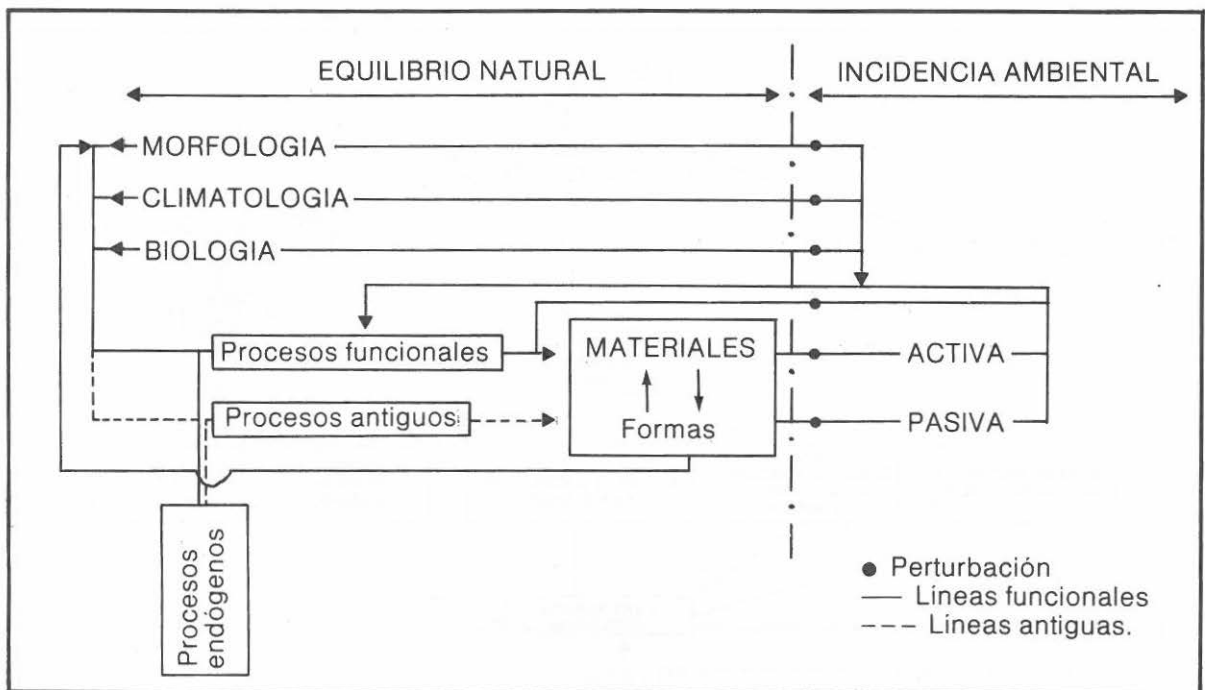


Figura 2.

un marcado carácter episódico (inundación), con ritmos y dimensiones fácilmente previsibles. La utilización de los procesos para obtención de energía, regadío..., mediante la regulación de los mismos, da lugar a fenómenos de perturbación en el equilibrio morfológico del sistema fluvial, que se traduce en un proceso respuesta de sedimentación en la zona de embalse, y reactivación de la erosión en las zonas de agua arriba de la presa. Los riesgos son fácilmente previsibles y sólo una planificación que tenga en cuenta los factores de erosionabilidad de la cuenca, carga sólida en suspensión, posibles cambios climáticos y biológicos, podrá realizar un aprovechamiento racional del proceso fluvial. Los procesos marinos costeros también tienen un marcado carácter episódico, y su regulación en las obras portuarias también plantea desequilibrios que se traducen en cambios en la morfología costera.

Por último a la subsidencia ligada a procesos endógenos o exógenos, la actividad humana añade otra ligada a la extracción del subsuelo de aguas, o simplemente a la minería subterránea.

En la figura 2 hemos intentado establecer las relaciones entre equilibrio natural y la incidencia ambiental del uso de los procesos y materiales geológicos naturales. Se intenta poner de manifiesto cómo las perturbaciones de los parámetros que influyen en el equilibrio natural provocan modificaciones en los procesos funcionales. La perturbación puede provocarse por modificaciones de la morfología, del clima, o de la vida animal y vegetal, por el aprovechamiento de los procesos funcionales, o la utilización activa de los materiales naturales o bien la simple utilización de los materiales como soporte pasivo de la actividad humana.

IV. Modelo conceptual de la aplicación de la geología a la ordenación del territorio

Aunque nuestro trabajo se ha ceñido específicamente a los procesos y materiales sedimentarios, conceptualmente puede generali-

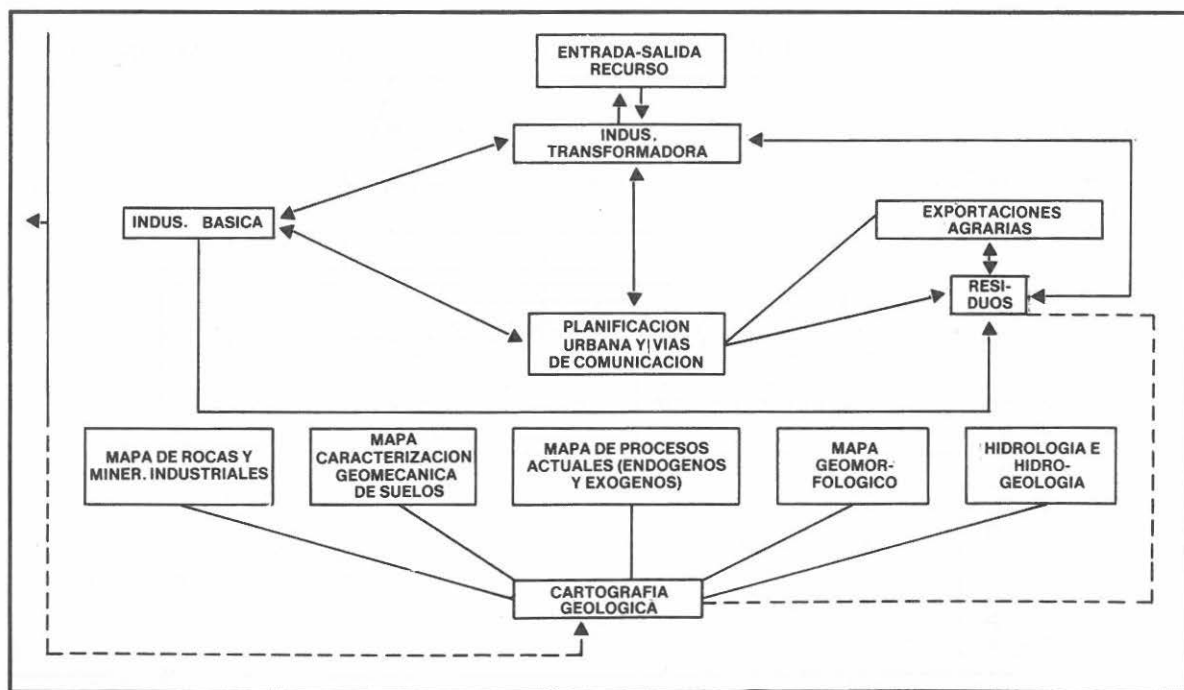


Figura 3.



A.1. Rocas detríticas no consolidadas:

- Aridos de hormigones hidráulicos y asfálticos: ensayos típicos: adhesividad al aglomerante, heladicidad, resistencia, agresividad química, ensayo de resistencia al pulido, ensayo de desgaste.
- Arenas para moldeo, arenas para vidrio (0,6-0,1 mm.), abrasivos y gemas industriales en placeres (granantes, diamantes, corindón,...)

A.2. Rocas detríticas consolidadas:

- Aridos, piedras talladas, recubrimiento de fachadas: ensayos de heladicidad, índice micropetrográfico de calidad.

B.1. Rocas arcillosas ricas en minerales de la arcilla:

- Mezcladas con calizas constituyen la base del cemento Portland. Cerámica normal y refractaria. Carga de papel. Aglomerantes asfálticos. Lodos de sondeo. Adsorbentes. Peletización.

B.2. Rocas arcillosas ricas en óxidos e hidróxidos (bauxitas):

- Filtros en la industria del petróleo. Fabricación de alúmina. Cementos aluminosos.

B.3. Materiales de composición química análoga a las arcillas:

- Ceolitas: filtros. Cementos puzolánicos.

C.1. Calizas:

- Aridos de machaqueo: no finos (baja el rendimiento), no friables, ausencia de sulfuros. Fundente (en la industria del acero). Cementos y cales 5% MgO. Piedras ornamentales.

C.2. Dolomías:

- Cales magnésicas refractarias.

D. Rocas yesíferas:

- Yesos comerciales. Yesos hidráulicos. Adición al cemento Portland.

E.1. Rocas salinas sódicas:

- Cloruros: usos alimenticios. Fabricación de cloro y clorhídrico.
- Sulfatos: papel, detergentes, vidrios.
- Carbonatos: sosa cáustica. Jabones, detergentes, vidrios.

E.2. Rocas potásicas:

- Fertilizantes. Usos semejantes, en la industria química, a las sales sódicas.

F. Rocas silíceas:

- Las diatomitas como filtro. Carga (filler) en pinturas. Con otros materiales aislantes. Carga para adsorción de DDT. Explosivos.

G. Rocas fosfáticas:

- Fertilizantes (superfosfato y triple fosfato). Industria química (ácido fosfórico): insecticidas, cerillas, aleaciones metálicas. Bengalas (pirotecnia).

H. Rocas bituminosas:

- Fuente potencial de hidrocarburos por «cracking». Aridos de hormigones asfálticos.

Cuadro III

Utilización de los principales tipos de materiales industriales sedimentarios

zarse a la geología ambiental, ya que en ésta, salvo algunos aspectos como son la sismicidad y el vulcanismo, claramente relacionados con el ámbito endógeno, los procesos y materiales que más van a influir y los que con más seguridad se pueden prever son los del ámbito exógeno.

Una manera de disminuir la incidencia ambiental es **limitar** la utilización de los recursos naturales. Esta eliminación debe hacerse en base a dos supuestos. Por un lado una limitación en cuanto a consumo, y por otro, para un consumo determinado, dirigir este consumo hacia los materiales que menos perturben el medio ambiente.

Desde el punto de vista de la geología, el documento base en la ordenación del territorio es la cartografía geológica. A partir de la unidad geológica básica, conjunto de materiales caracterizados por una litología, textura y estructura común (formación s.l.) se construyen esquemas o mapas en los que se sintetiza la información existente sobre naturaleza mineralógica, quimismo, de las rocas y aguas, propiedades mecánicas del suelo y subsuelo, hidrografía, hidrogeología, sismicidad..., todo ello apoyándose en técnicas fotogramétricas y de sensores remotos.

En nuestro esquema (fig. 3) hemos señalado algunos mapas de síntesis de información que se consideran útiles. El mapa predictor de rocas y minerales industriales, que compendia todas las posibilidades del territorio en este campo concreto, que permite una valoración volumétrica y de calidad de dichos materiales y que podría ser ampliado hacia el mapa predictor de mineralizaciones y materiales energéticos.

El mapa de caracterización geomecánica del suelo y subsuelo va a resumir las propiedades mecánicas de los materiales y se basará en datos de laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas, así como ensayos «in situ». Estos datos permitirán dividir el territorio en función de estas características mecánicas.

El mapa de procesos actuales endógenos podría ser la síntesis de los datos relativos a procesos endógenos: sísmicos, geotérmicos y subsidencia. Al mismo tiempo, de forma conjunta como información aparte, se sintetizarían los datos relativos a intensidad y periodicidad de los vientos, zonas de erosión y sedimentación, descargas máximas del sistema

	10 ³ m ³
Arcillas	8.516
Areniscas	634
Calizas	41.219
Dolomías.....	1.119
Margas	3.061
Sílice y arenas silíceas	681
Yeso.....	2.481
Arenas y gravas	16.481
TOTAL.....	74.192

Cuadro IV

Producción de materiales sedimentarios en España en el año 1976

fluvial y su periodicidad, zonas de movimientos activos del terreno, corrientes marinas costeras, alcance de las mareas vivas...

El mapa geomorfológico resume la información sobre la morfología y paisaje del territorio. El mapa hidrológico resume las características, en cuanto a volumen y calidad, de las aguas superficiales y subterráneas.

A todo este volumen de información de base geológica, deberá sumarse la información biológica, climatológica, sociológica, cultural..., y todo aquello que contribuya a una valoración espacial global del territorio, entendido éste como conjunto coherentemente pluridiversificado.

La planificación de la industria básica se fundamenta especialmente en las reservas de materiales industriales y en la configuración de los procesos actuales, aprovechándolos desde el punto de vista energético. Las limitaciones en cuanto a volumen de extracción, tratamiento..., vendrán impuestas por el conjunto de la información. La planificación urbana y el diseño de vías de comunicación están influenciados por todo el conjunto, y lo mismo podría decirse del tipo de explotaciones agrarias y su intensidad y proporción relativa en relación con zonas de vegetación natural. A partir del conocimiento de la industria básica, así como de las necesidades urbanas y las de producción agraria, se programa la industria transformadora, que a su vez genera necesi-



dades de recursos extraterritoriales y produce recursos exportables. Toda esta actividad genera **residuos** que inciden sobre todo el conjunto, cambiando en parte la información de base. Es preciso, por todo ello, prever su incidencia en el medio geológico.

En este sentido, los 10 millones de Tm. de residuos que produce una ciudad como Nueva York (1968), los 21 Tm de polvo y contaminantes atmosféricos que actualmente lanza a la atmósfera la industria norteamericana o los centenares de millones de Tm. de escombros generados, en el mismo período de tiempo, por la minería del cobre, del hierro o del carbón son valores a tener en cuenta a la hora de incluir los residuos en toda documentación que pretenda informar sobre el territorio y su ordenación. Más aún cuando el reciclado de estos residuos los delimita como importantes recursos, haciendo que las basuras de hoy sean el recurso potencial del mañana.

Bibliografía

- ALEXANDERSSON, G., and KLEVEBRING, B. I., 1978: «World resources».— Walter de Gruyter. 248 pags.
- DOWN, C. G., and STOCKS, J., 1978: «Environmental impact of mining», Ap. Science Pub. Ltd. 371 pags.
- FAGAN, J. J., 1974: «The Earth Environment» Prentice-Hall. Inc 244 pags.
- FOLCH y GUILLEN, R., 1976: «Por qué se destruye la Naturaleza».— Ed Peninsula. 103 pags.
- SECRETARIA GENERAL TECNICA. SERVICIO DE ESTADISTICA E INFORMÁTICA., 1977: «Estadística minera de España 1976» Ministerio de Industria y Energía. 240 pags.
- TANK, R. W. ed. 1976: «Focus on environmental Geology» Oxford Univ. Press. 538 pags.

WATKINS, J. S., BOTTINO, M. L. and MORISAWA, M., 1975: «Our geological environment» Saunders Co. 519 pags.

Salvador Ordóñez Delgado, natural de Pola de Lena (Oviedo), es doctor en Ciencias Geológicas, Premio Extraordinario de Doctorado. Como profesor ayudante de Petrología imparte las enseñanzas de Petrología de Rocas Exógenas, Yacimientos Exógenos y Rocas Detriticas en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Ha sido profesor encargado de curso de Geología, Geotecnia y Cimientos de la Escuela de Ingeniería Técnica de Obras Públicas; y en 1975 becario de la Fundación March.

Autor de más de setenta publicaciones y libros de temas científicos geológicos, ha colaborado en estudios previos de terrenos para el M. O. P. U., así como en estudios de Geología y Geotecnia para RENFE.

José Pedro Calvo Sorando, natural de Valencia, es doctor en Ciencias Geológicas. Como profesor ayudante de Petrología imparte las enseñanzas de Petrología de Rocas Exógenas, Yacimientos Exógenos y Rocas Detriticas en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Ha sido profesor de Geología Aplicada en la E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

Autor de unas treinta publicaciones de temas científicos geológicos, ha colaborado en diversos trabajos e informes previos para el M. O. P. U. y empresas privadas.